

DERWENT-ACC-NO: 1975-69152W

DERWENT-WEEK: 197542

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Optimizing adaptive control system - for textile machines readjusts optimum production speed regularly to suit changes of system parameters

PATENT-ASSIGNEE: BEKESCSABAI KOTOTTA[BEKEN]

PRIORITY-DATA: 1974HU-BE01191 (February 28, 1974)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
--------	----------	----------	-------	----------

DE 2508113 A	October 9, 1975	N/A	000	N/A
--------------	-----------------	-----	-----	-----

INT-CL\_(IPC): G05B013/00; G06F015/46

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 2508113A

BASIC-ABSTRACT: An 2~optimising adaptive control system for the prodn. speed of prodn. process 12~ and from a programme which defines the desired target. This speed is automatically maintained within certain limits. If the expected value of one or of all system parameter changes, the optimum prodn. speed is automatically readjusted to suit. The optimum is reassessed for periods less than several shifts so that the extra prodn. and lower costs result in more profitable prodn. The recording of all information provides valuable data about prodn. quality and maintenance. The system speeds up the introduction of new processes and/or materials.

DERWENT-CLASS: F01 F03 F04 T01 T06 ,

CPI-CODES: F01-G; F01-H03D; F02-A04; F02-A05; F02-B04;

⑤

Int. Cl. 2:

G 05 B 13-00

⑯ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

G 06 F 15-46

DEUTSCHES



PATENTAMT

DT 25 08 113 A1

⑪

# Offenlegungsschrift 25 08 113

⑫

Aktenzeichen:

P 25 08 113.4

⑬

Anmeldetag:

25. 2. 75

⑭

Offenlegungstag:

9. 10. 75

⑳

Unionspriorität:

㉔ ㉕ ㉖

28. 2. 74 Ungarn Be-1191-74

㉘

Bezeichnung:

Adaptive Regeleinrichtung zur automatischen Einstellung der optimalen Produktionsgeschwindigkeit von Spinnmaschinen, Garnvorbereitungsmaschinen, Webstühlen, sowie Wirk- und Strickmaschinen

㉙

Anmelder:

Bekescsabai Kötöttarugyar, Bekescsaba (Ungarn)

㉚

Vertreter:

Strasse, J., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 6450 Hanau

㉛

Erfinder:

Vas, Laszlo, Bekescsaba (Ungarn)

DT 25 08 113 A1

DIPL.-ING. JOACHIM STRASSE, HANAU

DIPL.-ING. KLAUS GÖRG, MÜNCHEN

PATENTANWÄLTE

2508113

6450 HANAU • RÖMERSTR. 19 • POSTFACH 793 • TEL.: (06181) 20803 / 20740 • TELEGRAMME: HANAUPATENT • TELEX: 4184782 pat  
8000 MÜNCHEN 80 • GRAFINGER STRASSE 31 • TEL.: (089) 405643 • TELEX: 522054 ostpa

BEKÉSCSABAI KÖTÖTTÁRUGYÁR

21. Februar 1975

H-5601 Békéscsaba, UNGARN

Sto/Di - 11 209

Adaptive Regeleinrichtung zur auto-  
matischen Einstellung der optimalen Pro-  
duktionsgeschwindigkeit von Spinnma-  
schinen, ~~Garnvorbereitungsmaschinen,~~  
Webstühlen, sowie Wirk- und  
Strickmaschinen

---

Gegenstand der Erfindung ist eine optimierende adaptive Regeleinrichtung (ACD), zur automatischen Einstellung der optimalen Produktionsgeschwindigkeit von Spinnmaschinen, Garnvorbereitungsmaschinen, wie Spul- und Schermaschinen, Webstühlen, sowie Wirk- und Strickmaschinen, wie Rund- und Kettenstrick- und Wirkmaschinen.

Vor der Anmeldung wurde unter Gesichtspunkten wie maximale Produktivität, minimale Kosten oder maximaler Gewinn die optimale Arbeitsgeschwindigkeit einzelner Maschinen oder einheitlicher Maschinengruppen auf der Grundlage von als Ergebnis langer Versuchsserien auf manuellem oder maschinelltem Wege erhaltenen und als Funktion der Geschwindigkeit festgehaltenen Produktionsangaben bestimmt. Die Produktionsangaben betrafen im allgemeinen die Produktivität und die Qualität, bzw. die Güteklassen-Proportionen. Eine moderne Methode der

maschinellen Datenerfassung und -registrierung stellt der zu den Autoconer-Spulmaschinen der westdeutschen Firma Schlafhorst entwickelte Prozeßrechner Indicator dar. Der Indicator ist ein Einzweckrechner, dessen Arbeitsweise und Einsatzmöglichkeiten in dem Artikel des Autors Dr. oec. Ulrich Kühn "Der Prozeßrechner Indicator in der Autoconer-Spulerei", Melland Textilberichte, April 1973, detailliert beschrieben sind. In diesem Artikel werden auch aufgearbeitete und unmittelbar verwendbare Angaben bezüglich der quantitativen, wie Wirkungsgrad, Produktionsmengen usw., und qualitativen Kennwerte, wie auf die Gewichtseinheit entfallende Noppendichten, der Produktion mitgeteilt. Die optimale Produktionsgeschwindigkeit wurde für eine gegebene Erzeugnissorte aus den durch die auf manuellem oder maschinellem Wege über einen längeren Zeitraum hindurch geführte Datenerfassung erhaltenen funktionellen Zusammenhängen "Produktivität - Produktionsgeschwindigkeit" und "Qualität - Produktionsgeschwindigkeit" in tabellenartiger bzw. in graphischer Darstellung unter Berücksichtigung des gesetzten Zieles, wie maximale Produktivität, minimale Kosten, maximaler Gewinn, bestimmt. Die so ermittelte Produktionsgeschwindigkeit wurde bei gleichen Erzeugnissorten als technologische Vorschrift gehandhabt, d. h. sozusagen auf die Zukunft hin extrapoliert, jedoch unabhängig von evtl. zwischenzeitlichen Änderungen einzelner Parameter des Produktionssystems. Als Parameter sind u. a. Anzahl des Bedienungspersonals, Zustand der Maschinen, Schwankungen in der Garnqualität, Form der Garnaufmachung, personelle Änderungen bei der Bedienung aufzufassen.

Im Falle einzelner organisatorischer Änderungen innerhalb des Produktionssystems des Betriebes - wie z. B. Änderung des spezifischen Kennwertes, "Zahl der bedienten Maschinen/Zahl der Bedienungspersonen" beim Mehrmaschinen-system - kam es aufgrund neuer Versuchsergebnisse in manchen Fällen zu einer Änderung der optimalen Produktionsge-

schwindigkeit.

Es wurden auch Versuche unternommen, die die Möglichkeiten eines Produktionslenkungssystems untersuchten, das sich an ungewollte Änderungen des Personalstandes der Maschinenbedienung innerhalb einzelner kürzerer Zeitspannen, wie Arbeitsschicht, Arbeitstag, anpaßt. Diese Untersuchungen wurden durch die Autoren Bécs, László und Bajtár, Pál in ihrem Beitrag "Sich an ändernde Bedingungen anpassender optimaler Betrieb von Ringspinnmaschinen", erschienen in Magyar Textiltechnik, (Ungarische Textiltechnik), März 1972, beschrieben. Die Autoren kamen aufgrund theoretischer Überlegung zur Problemstellung und -lösung. Sie wiesen die Möglichkeit einer optimalen Produktionsgeschwindigkeit für einzelne Maschinengruppen nach, wobei diese Geschwindigkeiten von der Zahl und der Verteilung des Bedienungspersonals im Produktionssystem abhängig sind. Sie formulierten gleichzeitig Bedingungen zur Problemlösung. Die vorgenannten Verfahren sind jedoch mit nachstehenden Nachteilen behaftet.

Die als Ergebnis erhaltene Produktionsgeschwindigkeit ist nur in Abhängigkeit von den Parametern des ausgewählten Produktionssystems, also nur in Abhängigkeit von der Material- bzw. Erzeugnissorte oder nur in Abhängigkeit von der Material- bzw. Erzeugnissorte und des Personalstandes der Bedienung sowie deren Verteilung festgelegt, D. h., daß sich das System durch äußeren Eingriff nur an die regelmäßigen Änderungen dieser Parameter anpaßt.

Es wird nicht berücksichtigt, daß auch nachstehende Kennwerte des Produktionssystems, Mensch-Maschine-Rohmaterial-Erzeugnis, als Systemparameter den Einstellungs- bzw. reellen Wert der optimalen Produktionsgeschwindigkeit beeinflussen und sich nicht an deren Änderungen anpassen:

- Arbeitsintensität der einzelnen Bedienungspersonen  $\mu$  [1/s], die bei den einzelnen Maschinenstillstandszeiten unter den gegebenen Verhältnissen zu erwarten ist, die von der Bedienungsperson abhängt und für diese charakteristisch ist, und den Reziprok-Wert der Behebungsdauer des Maschinenstillstandes darstellt. Der Wert  $\mu$  ist abhängig, z. B. vom gesundheitlichen und psychischen Zustand, vom Ermüdungsgrad, von der momentanen und durchschnittlichen Eingewöhntheit des Werkstätigen, von den Umgebungseinflüssen, von der Mensch-Maschine-Arbeitsbeziehung, der Produktionsgeschwindigkeit, der Geschwindigkeit des Werkstätigen bei der Zurücklegung der Arbeitswege um die Maschine, usw,
- momentaner technischer Zustand der Maschine,
- dynamische Kennwerte der Maschine,
- System der Bedienung, wie z. B. Gruppen- oder Einzelbedienung, Länge des Bedienungsweges, Art der Maschinenanordnung, Zahl der Bedienungspersonen, deren kurzzeitige nach einigen Stunden stattfindende Änderung,
- sonstige Kennwerte des Rohmaterials, wie z. B. Masseneinheitlichkeit, Feuchtigkeitsgehalt, Garnaufmaschkennwerte, Spannungszustand vor der Verarbeitung,
- Kennwerte der Energie, also statistische Kennwerte ihrer stochastischen Änderungen und die Momentanwerte,
- Kennwerte des Erzeugnisses, wie z. B. Konstruktionsaufbau, Güteanforderungen, usw,
- Umgebungskennwerte wie Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Luftdruck, Luftbewegung, Luftverunreinigungsgrad, Schwingungen in der Umgebung,

- Richtigkeit und Genauigkeit der auf den einzelnen Maschinen vorgeschriebenen Einstellungen,
- Zahl der auf den einzelnen Maschinen oder Maschineneinheiten in Betrieb befindlichen Rohstoffverarbeitungsstellen, z. B. Maschenbildungsstellen,
- Die jeweils gültigen spezifischen Lohn- und sonstigen Kosten sowie Erlöse je Güteklasse bezogen auf das Erzeugnisvolumen.

Die angeführten Parameter verändern sich in der Zeit im allgemeinen stochastisch. Der Charakter der Änderungen ist teilweise stationär, teilweise instationär, d. h. daß sich auch die auf die Erscheinung beziehenden statistischen Kennwerte, z. B. der zu erwartende Wert, verändern. Die Zeitdauer dieser Änderungen innerhalb deren die Änderung als regelmäßig angesehen werden kann, ist im allgemeinen kurz. Diese kann eine halbe Stunde, eine Stunde, jedoch auch die Größenordnung einer Arbeitsschicht erreichen, d. h. die Frequenz der Änderungen ist verhältnismäßig groß.

Umständlich ist die Ermittlung der optimalen Produktionsgeschwindigkeit bei einer Änderung der Zahl des Bedienungspersonals oder bei einer Änderung des Systems der Maschinenbedienung.

Bei Maschinengruppen, die von einer gemeinsamen Welle angetrieben werden und verschiedene Erzeugnisse fertigen oder verschiedene Materialsorten verarbeiten, ist die Ermittlung der optimalen gemeinsamen Produktionsgeschwindigkeit aufgrund der für die einzelnen Materialsorten vorgeschriebenen Produktionsgeschwindigkeiten nur mit grober Näherung möglich und außerdem recht umständlich. Im allgemeinen steht keine für alle Materialsorten-Kombinationen gültige vorgeschriebene Produktionsgeschwindigkeit zur Verfügung.

Die Ermittlung der optimalen Produktionsgeschwindigkeit verläuft zum Teil oder vollständig manuell und beansprucht eine lange Zeitdauer.

Die Einstellung der optimalen Produktionsgeschwindigkeit erfolgt nicht automatisch, sondern durch einen menschlichen Eingriff.

Der Änderung der in Betracht gezogenen System-Parameter, wie z. B. Änderung der Zahl der Bedienungspersonen oder der Kombination der auf Maschineneinheiten mit gemeinsamer Produktionsgeschwindigkeit verarbeiteten Rohstoffe, z. B. auf einer Autoconer-Spulmaschine mit gemeinsamem Trommelwellenantrieb, folgt der Eingriff nur mit einem bedeutenden Zeitverzug oder überhaupt nicht.

Aufgabe der Erfindung ist daher die Beseitigung der vorgenannten Mängel mittels einer maschinellen Einrichtung, die an das Produktionssystem angeschlossen ist und auf maschinellern Wege ausreichende Informationen über den Produktionsprozeß einholt. Durch Verarbeitung der so erhaltenen und der von Hand eingegebenen Sollwert-Angaben unter Berücksichtigung des das gesteckte Ziel beinhaltenden Programms (Modells) wird die Art und Weise der Änderung der zuvor eingestellten Produktionsgeschwindigkeit im Hinblick auf Erreichen des Optimalwertes festgelegt. Die Änderung wird automatisch durchgeführt. Anschließend wird erneut eine Information über den mit veränderter Produktionsgeschwindigkeit arbeitenden Produktionsvorgang eingeholt, die Produktionsgeschwindigkeit wiederholt bis zum Erreichen des Optimalwertes verändert und auf diesen Wert automatisch eingestellt. Die Einrichtung holt über den Produktionsvorgang auch weiterhin Informationen ein, auf deren Grundlage sie bei einer Änderung der Bedingungen des Produktionsprozesses, der Systemparameter, die Produktionsgeschwindigkeit korrigiert.



7

- / -

D. h., die den neuen Bedingungen entsprechende optimale Produktionsgeschwindigkeit wird automatisch eingestellt.

Die vorstehend umrissene Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die optimierende adaptive Regeleinrichtung (ACO) dadurch gelöst, daß sie aufgrund der über den Produktionsprozeß direkt erfaßten Daten und eines das gewünschte Ziel festhaltenden Programms die den angegebenen Erzeugnisqualitätsgrößen entsprechende optimale Produktionsgeschwindigkeit ermittelt, oder zumindest diese mit guter Näherung bestimmt und automatisch einstellt.

Das Prinzipschaltbild der Regeleinrichtung ist aus Fig. 1 zu entnehmen.

Funktionelle Teile der Einrichtung:

1a) Geschwindigkeitsregler-Teile:

- H Getriebe mit der Störung  $Z_E$
- E Geschwindigkeits-Meßfühler
- Vergleichsglied

1b) Regelstrecke:

- Maschine, auf die die summierte Störwirkung  $Z$  einwirkt.
- $Z$  selbst setzt sich für ein gewisses Zeitintervall aus zwei Teilen zusammen: nämlich aus dem zu erwartenden Wert  $\bar{Z}$  und dem sich stochastisch verändernden Teil  $\tilde{Z}$ .

1c) Teile des optimierenden adaptiven Reglers:

- $\sum_M$  Summierglied, das bei diskreter Arbeitsweise die die Qualität  $\Delta M$ , die sich auf die elementaren Zeitintervalle  $\Delta t$  bezieht, charakterisierenden

Meßwertänderungen summiert:

$$M(T_m) = \sum_{i=1}^m \left[ \frac{\Delta M}{\Delta t} \right] \cdot \Delta t ; T_m = m \cdot \Delta t$$

bzw. bei stetiger Arbeitsweise ergibt sich die Integralsumme

$$M(T_m) = \int_0^{T_m} \frac{dM}{dt} dt ,$$

wobei  $T_m$  die Länge des Meßzeitabschnittes darstellt, in der Informationen über den Produktionsvorgang eingeholt werden.

- 1d) -  $\sum_T$  Summierglied, das die Änderungen der auf die elementaren Zeitintervalle  $\Delta t$  entfallenden Maschinenzelten  $\Delta T_G$  summiert und bei diskreter Arbeitsweise die Summe

$$T_G(T_m) = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\Delta T_G}{\Delta t} \right) \cdot \Delta t ,$$

bei stetiger Arbeitsweise die Integralsumme

$$T_G(T_m) = \int_0^{T_m} \frac{dT_G}{dt} dt$$

ergibt,

- 1e) - Einheit 1 bestimmt automatisch aus der Verarbeitung der in das Summierglied  $\sum_T$  eintreffenden Daten nach einem festgelegten Prinzip die Länge der Meßdauer  $T_m$ , d. h. der Zeitdauer der Informationserfassung. Sie stellt fest, ob genügende Informationen eingetroffen sind, um die statis-

tischen Kennwerte der stochastischen Variable  $T_G(t)$  mit gegebener Sicherheit bestimmen zu können.

- 1f) - Drei Schalter  $f_m$ , die mit der Frequenz  $f_m$  arbeiten, versperren bzw. geben den Informationsweg frei.
- 1g) - AC strategische Einheit, die die Schalter  $f_m$  betätigt und das Soll-Signal des Geschwindigkeitsreglers verändert.

#### Arbeitsweise der ACO Regeleinrichtung:

Der Geschwindigkeitsregler regelt die Produktionsgeschwindigkeit dem eingestellten Anfangs-Soll-Signal entsprechend ein und beseitigt die Störwirkungen  $Z_E$  der Energieversorgung und des technologischen Prozesses. Der optimierende adaptive Regler ACO verarbeitet aufgrund des eingebauten Programms (Modells) die eingegebenen Grund-, und die sich auf die Informationserfassungs-Zeitdauer  $T_m$  beziehenden Meßwerte und verändert dann mit Hilfe eines Signals, bei diskreter Arbeitsweise mit Sprungbefehl, das Sollsignal des Geschwindigkeitsreglers.

Grundlage der adaptiven Arbeitsweise bildet die Tatsache, daß im Falle der Textilmaschinen sich die in einem gewissen Zeitintervall  $T_m$  aufgetretenen Änderungen sämtlicher Systemparameter des Produktionsprozesses in meßbarer Weise in der Maschinenzeit  $T_G$ , bzw. in deren Quotient, dem Wirkungsgrad  $\eta_G = \frac{T_G}{T_m}$ , widerspiegelt.

Aufgrund des so erhaltenen Kennwertes kann die strategische Einheit AC, unabhängig von der Art der im Produktionsprozeß eingetretenen Änderung die erforderliche Änderung der Produktionsgeschwindigkeit bestimmen. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die Meßzeitdauer  $T_m$ .

Eine automatische Bestimmungsmethode derselben ist in Fig. 2 dargestellt. Aus dem Verlauf der aus den eintreffenden  $\frac{\Delta T_G}{\Delta t}$ -Daten stetig gebildeten durchschnittlichen Wirkungsgradkurve kann im Falle einer im voraus angegebenen Sicherheit B, z.B.  $B = 0.95$ , mit einem Fehler von  $\Delta \bar{\eta}_G$  auf den zu erwartenden Wert des Wirkungsgrades gefolgert werden, wobei

$$\bar{\eta}_G(t) = \frac{1}{t} \int_0^t \frac{dT_G}{dt} dt \approx \frac{\Delta t}{m \Delta t} \sum_{i=1}^m \left( \frac{\Delta T_G}{\Delta t} \right)_i ; t = 1 \cdot \Delta t$$

sind.

Die Fig. 2 zeigt einige mögliche Kurvenverläufe der Regressionsfunktion  $\eta_G(t)$ , nämlich a, b, c, d, bzw. deren Spiegelbilder, unter Voraussetzung einer stationären stochastischen Zeitfunktion  $T_G(t)$ . Der zu erwartende Wert von  $\eta_G(t)$  ist:

$$M \left[ \bar{\eta}_G \right] = \bar{\eta}_G(\infty)$$

Hierbei ist zu bemerken, daß in gewissen Fällen die Zeitdauer  $T_m$  auch eine im voraus durch Versuchsserien festgelegte konstante Größe sein kann. In diesem Fall ist keine 1 Einheit erforderlich und  $T_m$  gehört zu den Ausgangswerten (Grundangaben). Gilt als Zielsetzung der maximale Gewinn, so kann sich folgende Form der Zielfunktion

$$N(v) = A(v) - K(v) = \max !$$

ergeben. Auf die Meßzeitdauer  $T_m$  bezogen gilt:

$$N(v) = \text{Gewinn} - \text{Produktionsgeschwindigkeit} - \text{Funktion}$$

M

$A(v)$  = Erlös - Produktionsgeschwindigkeit-Funktion

$K(v)$  = Kosten - Produktionsgeschwindigkeit-Funktion

$v$  = Produktionsgeschwindigkeit

Die Funktion  $A(v)$  kann detailliert angegeben werden:

$$A(v) = Q(v) \cdot \vec{\beta}(v) \cdot \vec{a} = \vec{Q}(v) \cdot \vec{a}$$

mit

$$Q(v) = C_Q \cdot v \cdot \bar{n}_G(v) \cdot T_m$$

,  $C_Q = \text{const.}$ ,

$$\vec{\beta} = \{\beta_1; \beta_2; \dots; \beta_s\}$$

$j=1, 2, 3, \dots, s$

- das während der Zeitdauer  $T_m$  geleistete Produktionsvolumen in einer Erzeugniseinheit, wie z. B. m, kp, m<sup>2</sup>,

- Vektor der in die Güteklasse "s" entfallenden Produktionsanteile

$$\sum_{j=1}^s \beta_j = 1 \text{ und } \beta_j = \frac{Q_j}{Q} = f(M, v); Q_j$$

In die Güteklasse "s"

fallende Produktionsmengen

$$\vec{Q} = \{Q_1; Q_2; \dots; Q_s\}$$

- Produktionsvektor

$$Q = \sum_{j=1}^s Q_j$$

$$\vec{a} = \{a_1; a_2; \dots; a_s\}$$

- spezifischer Erlösvektor,  $a_j$  auf die Erzeugniseinheit der Güteklasse "j" entfallender Erlös.

12

Anstelle der Gewinnfunktion  $N(v)$  kann auch die Funktion des auf die Zeiteinheit  $T_m$  entfallenden Gewinns benutzt werden:

$$\begin{aligned} N_T(v) &= \frac{N(v)}{T_m} = A_T(v) - K_T(v) = \\ &= C_Q \cdot v \cdot \bar{\eta}_G \cdot \vec{\beta} \cdot \vec{a} - K_T(v) = C_Q \cdot v \cdot \bar{\eta}_G \cdot \bar{a} - K_T(v) \\ &= C_Q \cdot v \cdot \bar{\eta}_G (\beta_1 a_1 + \beta_2 + \dots + \beta_s a_s) - K_T(v) \end{aligned}$$

wobei der durchschnittliche spezifische Erlös

$$\bar{a} = \sum_{j=1}^s a_j \beta_j = a_1 \bar{\beta}$$

Ist,

In Fig. 3 ist eine Problemlösung dargestellt, wenn bei Maximalisieren des Gewinns die Festlegung eines für das Zeitintervall  $T_m$  gültigen durchschnittlichen Gütekennwertes  $\bar{\beta} = f(N, v)$  nicht ausreicht, sondern wenn die während dieser Zeitdauer  $T_m$  produzierte Menge in Güteklassen eingeteilt werden muß.

Der Inhalt des Summiergliedes  $\sum_M$  gelangt in jeder der Fertigstellung einer Erzeugniseinheit entsprechenden Taktzeit  $\frac{1}{f_Q} = T_Q$  in die Sortiereinheit "0" als spezifische Gütekennzahl  $M_Q$ . Durch das der Güteklasse des soeben eingetroffenen Wertes  $M_Q$  entsprechende Tor  $K_j$  gelangt der Inhalt des die Maschinenzelten summierenden Gliedes  $\sum_{T_Q}$  in das Summierglied  $\sum_{T_j}$ . Nach Ablauf der Zeitdauer  $T$  ( $T \geq T_Q$ ) geben die Arithmetikeinheiten  $R_j$  mit Hilfe der den Inhalt der Zähler  $\sum_{T_j}$  bildenden Maschinenzelten  $T_{Gj}$  die auf die Zeiteinheit  $\frac{1}{T_m}$  entfallende klassenweise Produktionen an.  $\frac{T}{T_m}$  Ist der Quotient  $\frac{T}{T_m}$  keine ganze Zahl, so gelangt durch Schließen der Schalter  $f_m$  der Inhalt der

13

Zähler  $\sum T_0$  als Rest in die entsprechende Erzeugnisgruppe.

Die Frequenz  $f_0$  ist eine Funktion der Produktionsgeschwindigkeit:

$$f_0 = f_0(v).$$

Die die Qualität  $M_0$  charakterisierende Zahl ist in diesem Falle zweckdienlicherweise ein zwischen 0,00 und 1,00 liegender Prozentualwert.

Hierbei ist zu bemerken, daß im Falle des Einsatzes der hier behandelten ACO Regeleinrichtung die Spinnmaschinen, Garnvorbereitungsmaschinen, Webstühlen, sowie Web- und Strickmaschinen im Interesse einer entsprechenden Erzeugnisqualität mit Vorrichtungen versehen werden müssen, soweit seitens der Maschinenhersteller keine vorgesehen wurden, die das Abziehen des Garnes bzw. Erzeugnisses mit konstanter Spannung sichern.

Anstelle der Zeit  $T_G$  kann auch die Standzeit  $T_A$  gemessen werden. In diesem Fall muß die Einheit AC eine mathematische Operation (Subtraktion) mehr durchführen:

$$\eta_G = \frac{T_G}{T_m} = \frac{T_m - T_A}{T_m} = 1 - \frac{T_A}{T_m}$$

Um die grundsätzliche Arbeitsweise deutlich werden zu lassen, sind in den Figuren 4 und 5 zwei Betriebsarten dargestellt.

Der Serienbetrieb ist in Fig. 4 wiedergegeben.

Nach der die Zeitdauer  $T_{m1}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) bean-

14

sprechenden Messung rechnet und gibt die AC Einheit die Stellgröße aus. Die Zeit  $T_b$  kann auch die Zeitdauer der Stellzeit beinhalten. Ihr Minimalwert entspricht der zur Übertragung des Inhaltes der  $\Sigma$  Zähler in die strategische Einheit AC erforderlichen Zeit.

- $t_i$  - Zeitkoordinaten der einzelnen Messungen  
 $T_{Bi}$  - Zeitspanne zwischen dem Beginn zweier Entscheidungen.

Der Überdeckungsbetrieb ist in Fig. 5 dargestellt. Die Meßzeiten  $T_{mi}$  beginnen jeweils nach Zeiten  $\Delta T = \text{const.}$  In dieser Weise kann die Zahl der auf eine Zeiteinheit entfallenden Eingriffe wesentlich erhöht werden, deren Grenze für einen gegebenen Produktionsvorgang durch Versuche ermittelt werden kann. Hier ist die Zahl der Meßsummierer je Meßwert auf die ganze Zahl  $\left\lceil \frac{T_{m \max}}{\Delta T} \right\rceil$  aufgerundet.

Bei beiden Betriebsarten, insbesondere jedoch bei der letzteren, ist die Bestimmung der hinsichtlich der ACO Regelung wesentlichen dynamischen Kennwerte des gegebenen Produktionsprozesses aus einer Regelstrecke durch Versuche von größter Wichtigkeit.

Diese sind folgende:

- höchstzulässiges Ausmaß der Geschwindigkeitsänderung, bei diskreten Signalen die maximale Frequenz der Stellimpulse,
- da die erwähnten Produktionsprozesse hinsichtlich der Anstiegsfunktion Laufzeitsysteme darstellen, sind sowohl die Geschwindigkeit vor der Änderung als auch die von der Größe der Änderung abhängige Laufzeit wichtige Kennwerte.



15

- 15 -

- Die minimal erforderliche, die am Ausgang eine meßbare Änderung verursacht, und die maximal zulässige einmalige Geschwindigkeitsänderung  $\Delta v$ .
- Bei diskreten Stellgrößen, z.B. mit Stellmotoren, die Größe der unter Einwirkung eines Stellimpulses eingetretenen Geschwindigkeitsänderung. Dies ist hinsichtlich der Regelung wichtig.

Bei der Anpassung der ACO Regeleinrichtung an einen gegebenen Produktionsprozeß oder bei der Projektierung erscheint die Bestimmung der für den Produktionsprozeß charakteristischen Kennlinien

$$M = M(v, T_m)$$

$$T_G = T_G(v, T_m)$$

bei festgelegten Systemparametern auf experimentellen Wegen zweckdienlich.

Einige Methoden zum Anschließen der ACO Regeleinrichtung an den Produktionsprozeß, also an die Maschine bzw. die Maschinen, sind in den Figuren 1, 6, 7, 8 dargestellt.

In Fig. 1 wird wie beschrieben eine ACO Einrichtung an eine Maschine oder eine Maschineneinheit angeschlossen.

Fig. 6 zeigt die Regelung einer einheitlichen, gleiche Erzeugnisse herstellenden, mit gleicher Produktionsgeschwindigkeit und gemeinsamer Bedienung evtl. gemeinsamem Antrieb arbeitenden Maschinengruppe. PS stellt einen Parallel-Serien-Wandler dar.

Die Fig. 7 und 8 zeigen die Regelung einer mit gemischtem oder gleichem Maschinenpark ausgestattete Maschinenhalle mittels einer ACO Regeleinrichtung. Bei der Schaltung in Fig. 7 kontrolliert die Regeleinrichtung ACO der Reihe nach in frei auswählbarer Weise die an die Schalteinheit KE angeschlossenen Maschinen je Zeitperiode  $T_m + T_b$ . Hierbei ist zu bemerken, daß im Fall der Figuren 7 und 8 die einzelnen Maschinen auch in der durch Fig. 6 dargestellten Weise verbundene einheitliche Maschinengruppen sein können. Im Fall der Fig. 7 kann die ACO Regeleinrichtung auch in einer mobilen Ausführung gehalten sein, so daß keine Schalteinheit KE erforderlich ist. Bei den einzelnen Maschinen werden natürlich stufenlos regelbare Antriebe und Stellglieder vorausgesetzt.

Zur detaillierteren Beschreibung des Gegenstandes der Erfindung wird als Ausführungsbeispiel in Fig. 9 eine an eine sowjetische Kreuzkötzerspulmaschine vom Typ MT-150 angeschlossene ACO Regeleinrichtung dargestellt.

Als Zielfunktion wurde die maximale Produktivität ausgewählt, die durch folgende Beziehung ausgedrückt wird:

$$C_Q \cdot \eta_G \cdot v = \max$$

Die ACO Regeleinrichtung regelt eine mit 50 Köpfen (50 Maschineneinheiten) arbeitende Seite der Spulmaschine, die über einen eigenen Antrieb verfügt. Zwischen der Drehzahl der die Spule antreibenden Trommel und der Garngeschwindigkeit (Produktionsgeschwindigkeit) besteht folgende Beziehung:

$$v = 2 \pi \cdot n_D \cdot r_D = K_D \cdot n_D$$

17

mit

 $n_D$  = die Trommeldrehzahl $r_D$  = Hälfte des Trommeldurchmessers $\alpha$  = const. = der die durchschnittliche Abweichung des Wertes  $v$  von der Trommelumfangsgeschwindigkeit  $v_D$  berücksichtigende Faktor.

$$K_D = 2\pi\alpha \cdot r_D = \text{const.}$$

Unter Berücksichtigung dieser Daten reicht es hier, den Grenzwert, also das Maximum des nachstehenden Ausdruckes zu suchen:

$$n_H = \eta_G \cdot n_D = \max \quad !$$

wobei  $n_H$  die effektive, der tatsächlichen Produktion entsprechende Drehzahl ist.

Ist die Regeleinrichtung von einer sogenannten "beweglichen" Art, d. h. wenn sie bei Erreichen des Höchstwertes der Kurve  $n_H(n_D)$  um diesen andauernden schwankt und tastet, so können für die in der Fig. 10 dargestellten Fälle folgende Gleichungen formuliert werden:

$$\Delta n_{H, i-1} = n_{H, i} - n_{H, i-1}$$

$$\Delta n_{D, i-1} = n_{D, i} - n_{D, i-1}$$

$$\Delta n_{D, i} = n_{D, i+1} - n_{D, i} \rightarrow n_{D, i+1} = n_{D, i} + \Delta n_{D, i}$$

Aufgrund der vorstehenden Gleichungen und des Bestrebens, den Maximalwert zu erreichen, kann nachstehende logische Tabelle erstellt werden.

18

Unter der Voraussetzung einer diskreten Arbeitsweise kann durch Anwendung dieser Tabelle mit Hilfe eines einfachen Kombinationsnetzes über das Vorzeichen, d. h. die Richtung der nächstfolgenden Drehzahländerung  $\Delta n_{D, i}$  entschieden werden.

	$\Delta n_{H, i-1}$	$\Delta n_{D, i-1}$	$\Delta n_{D, i}$
a.	-	-	+
b.	-	+	-
c.	+	-	-
d.	+	+	+

Aus Fig. 9 sind die funktionellen Bauelemente der Einrichtung zu entnehmen:

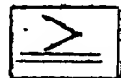
ET - Maschinenzeit-Fühler (50 Stück). Diese Fühler kontrollieren, ob sich die Kreuzspulenhaltarme in der Betriebsstellung befinden. Bei Stellungsänderung des Kopfes geben sie über das Differenzierglied D einen Impuls ab und dieser wird zur Registrierung der Noppenzahl  $n_K$  der Knoten verwendet, die für die Qualität charakteristisch ist.

PS1, PS2 - Parallel-Serien-Wandler

$\Sigma_T, \Sigma_q$  - Summierglieder

I -  $T_m$  bestimmendes Glied

A1, A2, A3 - Arithmetik-Einheiten



- Vergleichsstromkreis

M1, M2 - Speichereinheiten, Pufferspeicher

19

- DA - Signalwandler  
 H - stufenlos regelbarer Antrieb  
 JA - Signalwandler und Sollsignalgeber  
 Kn - Drehzahl-Meßfühler

Die Einrichtung mißt die sich auf die Meßzeit  $T_m$  beziehende Zeit  $T_G$  und die Noppenzahl  $q_K$ . Die Arithmetik-Einheit A3 bildet aus der Noppenzahl  $q_K$  die der eingegebenen Erzeugniseinheit entsprechende spezifische und durchschnittliche Güteindexzahl  $\Sigma$  (Noppe, Produktivität). Wenn der gegebene  $\Sigma_{\max}$ -Wert erreicht oder überschritten wird, erhält die Einrichtung ein Verbotssignal für eine weitere Drehzahlerhöhung und vermindert die Drehzahl um den aufgrund der bis dahin abgelaufenen Zeit berechneten Wert. Die Zeit  $T_G$  wird durch Abtastung mit einer Abtastfrequenz  $f_T$  gemessen. Die Arithmetik A1 schließt auf das durch das 1. Glied gegebene Signal hin die mit der Bezeichnung  $f_m$  versehenen und der Frequenz  $f_m$  betätigten Schalter und bildet den Wert  $n_{H,1}$ , der in der Speichereinheit M1 bis zum nächsten Eingriff gespeichert wird. Für die Frequenz  $f_m$  gilt hier:

$$f_m = \frac{1}{T_m + T_b}.$$

Unter Verwendung der Werte  $\Delta n_{H,1-1}$  und  $\Delta n_{D,1-1}$  erzeugt die Arithmetik A2 das vorzeichenrichtige Stellsignal  $\Delta n_{D,1}$ , das das Sollsignal des Geschwindigkeitsreglers verändert. Hier arbeitet der Geschwindigkeitsregler analog, z. B. durch Thyristorantrieb, kann jedoch auch in diskreter Arbeitsweise betrieben werden, z. B. durch einen Stellmotor, dessen Spelsefrequenz geändert wird. Das JA Glied ist zugleich auch ein Halteglied. Natürlich kann durch Versuche festgelegt auch  $T_m = \text{const.}$  sein, und auch die Qualität-Werthaltung, Haltung zwischen Grenzen, anders gelöst sein. Die Garnspannung wie bei höheren Anforderungen mittels einer magnetischen

Garnbremse bzw. einer elektronisch geregelten Garnbremse in den gewünschten Grenzen gehalten. Eine solche Möglichkeit ist dem Artikel der Autoren Wegener und Schubert "Das Kreuzspulen synthetischer Garne mit hoher Garnabzugsgeschwindigkeit", Melliand Textilberichte, Teil 1/2, September 1963, Teil 11/1, Januar 1965, Teil 11/2, Februar 1965, zu entnehmen.

Das Arbeitsschema der Rechenoperation ist in Fig. 11 wiedergegeben und stellt die Grundlage für die Regelung dar. Hier ist

$$\gamma = \gamma \left[ n_{D,i-1} ; |\Delta n_{H,i-1}| \right],$$

und kann aufgrund von Versuchen mit Hilfe der Charakteristiken

$$T_G = T_G(n_D, T_m) \text{ und } q_K = q_K(n_D, T_m)$$

bestimmt werden.

Ebenfalls kann  $\gamma = \text{const.}$  vorkommen. In diesem Falle erfolgt eine zum Fehlersignal  $\Delta n_H$  proportionale Regelung. Diese muß durch eine sättigungsartige Nichtlinearität abgegrenzt werden, wie in Fig. 12 zu sehen ist. Der Wert von  $\gamma = \text{tg} \frac{\Delta n_D}{\Delta n_H}$  muß auch in diesem Fall durch Versuche bestimmt werden. Das Startsignal kann auch durch die Äquivalenz gegeben werden. In diesem Fall ist das Ergebnis der Entscheidungsoperation  $\varepsilon \geq \varepsilon_{\max}$  ein "Ja". Dabei ist zu bemerken, daß zu Beginn, nach der ersten Messung, die ACO Regeleinrichtung bei einem derartigen Arbeits-Algorithmus einen Befehl zur Drehzahlerhöhung erteilt. Die Anfangsdrehzahl  $d_{D0}$  ist von Hand einzustellen.

In Fig. 13 ist der Anschluß, die Anpassung, der vorstehend beschriebenen Einrichtung an die automatischen

21

Kreuzkötzerspulmaschinen Autoconer und an den Prozeß-rechner Indicator der westdeutschen Firma Schlafhorst zu sehen. Die Autoconer Maschine besteht aus Einheiten mit 10 Köpfen und wird im allgemeinen als eine aus 5 Einheiten zusammengebaute Maschine mit 50 Köpfen verwendet. Es wird angenommen, daß eine derartige 50-köpfige Maschine mit einem gemeinsamen Antrieb ausgestattet ist. Für jede Einheit kann jedoch auch ein eigener Antrieb vorgesehen werden.

Die Antriebe sind stufenlos regelbar.

Funktionelle Einheiten:

- SE - Fühler, zusammengefaßt
- IE - Anpassungseinheit
- Kn - Schalteinheit zur Weiterleitung der  
Stellgröße an die entsprechende Maschine
- EK - Drehzahl-Meßfühler und Schalteinheit
- BA - Stellglied

Bei Einsatz des Indicator-Einzelzweckrechners erübrigen sich die Datensammler-Summereinheiten sowie die die Maschinenzeit  $T_G$  und die Noppenzahl  $q_k$  kontrollierenden Meßfühler. Der Indicator liefert unmittelbar der ACO Einrichtung die sich auf die eingegebene Zeit  $T_m$  beziehenden Wirkungsgrad-Maschinenzeit- und auf die Erzeugniseinheit entfallenden Noppenzahl-Werte. Z.B. bei Gewichtsangaben lautet die Erzeugniseinheit  $k_p$ . Die Maschinenauswahl erfolgt durch Befehl. Die vom Indicator und vom Drehzahl-Meßfühler erhaltenen Daten vergleicht die ACO-Einrichtung mit den in ihren Speichereinheiten gespeicherten und sich auf das vorhergehende Meßzeitintervall beziehenden Daten gemäß des in Fig. 11 dargestellten Arbeitsschemas und erteilt dem auf dem Antriebsregler der jeweils entsprechenden Maschine angeordneten Stellorgan den Befehl zur Änderung der Drehzahl.

22

Die Steuerung der Kn und KE Einheiten versieht der Indicator. Hierbei ist zu bemerken, daß die neuen modernen Maschinen mit stufenlosen Antrieben, Thyristorantrieben, durch die Herstellerwerke versehen werden.

Die mit der Erfindung verbundenen Vorteile können wie folgt zusammengefaßt werden:

- a. Das Produktionssystem paßt sich mit Hilfe der ACO Regeleinrichtung automatisch an die innerhalb eines gewissen Zeitintervalls, welches größer, mindestens jedoch  $2 T_m$ , als die zur Informationserfassung erforderliche Zeitspanne ist, als regelmäßig anzusehenden Änderungen sämtlicher oder beliebiger einzelner eigener Parameter bei Erfüllung des gegebenen Zieles und Einhaltung der Grenzen an. Das heißt, es wird nicht das für eine längere Zeitdauer, z. B. mehrere Arbeitsschichten oder Tage, sondern das für ein kürzeres, zwischen zwei Systemparameteränderungen liegendes Zeitintervall bestimmbare Optimum gesucht bzw. eine Annäherung an dasselbe versucht. Durch die in diesen Zeitintervallen geltenden automatisch eingestellten Produktionsgeschwindigkeiten kommt der Produktionsbetrieb zu einer Mehrproduktion oder Kostensenkung und demzufolge zu einem größeren Gewinn.
- b. Durch die Anzeige und Registrierung der durch die ACO Regeleinrichtung wahrgenommenen und erfaßten Informationen, wie Maschinenzeiten, die Qualität charakterisierende Indexzahl, Drehzahl, erhält auch die Produktionslenkung und die Instandhaltungsabteilung nützliche Informationen über den Produktionsprozeß.
- c. Die Einrichtung kann auch bei automatischer Durchführung und Auswertung von Versuchen eingesetzt



## 23

werden. Bei der Einführung neuer, bisher unbekannter Rohstoffe, Erzeugnisse oder Arbeitsvorgänge, bietet die Einrichtung zur Datenerfassung in der Weise Hilfe, daß die Routineaufgaben der Versuche nicht durch qualifizierte Werkstätige durchgeführt werden müssen und der Anwender dabei auch zu einem bedeutenden Zeitgewinn kommt.

- d. Mit Hilfe der durch die ACO Einrichtung gelieferten und registrierten Daten kann man leicht einen Katalog, Tabellensammlung, zusammenstellen, aus dem die dem Optimalwert für die gegebenen Ausgangsparameter mit guter Näherung entsprechende Ausgangsdrehzahl entnommen und eingestellt werden kann.
- e. Die ACO Einrichtung kann leicht an ein mit Rechner arbeitendes Produktionslenkungssystem oder an einen bei der betreffenden Betriebseinheit eingesetzten Prozeßrechner, z.B. an den Einzweckrechner Indicator, angeschlossen werden. In diesem Fall ist die Ausführung preiswerter, da keine Fühler - evtl. auch keine Summierglieder - benötigt werden, da der Rechner die erforderlichen Daten, wie Wirkungsgrad, Maschinenzeiten, Gütekennwerte, direkt liefert. In gewissen Fällen - bei Maschinengruppensteuerungen - wird auch die Aufschalteinheit durch den Rechner ersetzt.

- - - - -

DIPL.-ING. JOACHIM STRASSE, HANAU

DIPL.-ING. KLAUS GÖRG, MÜNCHEN

PATENTANWÄLTE

6450 HANAU · RÖMERSTR. 19 · POSTFACH 793 · TEL.: (04181) 20803 / 20740 · TELEGRAMME: HANAUPATENT · TELEX: 4184782 pat  
 8000 MÜNCHEN 80 · GRAFINGER STRASSE 31 · TEL.: (089) 405043 · TELEX: 522054 ostpa

BÉKÉSCSABAI KÖTÖTTÁRUGYAR

-24-

21. Februar 1975

H-5601 Békéscsaba, UNGARN

Sto/DI - 11 209

Adaptive Regeleinrichtung zur auto-  
 matischen Einstellung der optimalen  
 Produktionsgeschwindigkeit von Spinn-  
 maschinen, Garnvorbereitungsmaschinen,  
 Webstühlen sowie Wirk- und Strickmaschinen

---

## A n s p r ü c h e :

1. Optimierende adaptive Regeleinrichtung (ACO) zur automatischen Einstellung der optimalen Produktionsgeschwindigkeit von Spinnmaschinen, Garnvorbereitungsmaschinen, wie Spul- und Schermaschinen, Webstühlen, sowie Wirk- und Strickmaschinen, wie Rund- und Kettenstrick- und Wirkmaschinen, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß sie aufgrund der über den Produktionsprozeß direkt erfaßten Daten und eines das gewünschte Ziel festhaltenden Programms die den angegebenen Erzeugnisqualitäts-  
 grenzen entsprechende optimale Produktionsgeschwin-  
 digkeit ermittelt, oder zumindest diese mit guter  
 Näherung bestimmt und automatisch einstellt.

25

-1-

2. Adaptive Regeleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie die selbst ermittelte und eingestellte, für die gegebenen Produktionsverhältnisse gültige optimale Produktionsgeschwindigkeit entsprechend der Änderung des zu erwartenden Wertes eines beliebigen oder sämtlicher Systemparameter automatisch verändert.
3. Adaptive Regeleinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie die zur Erfassung der bei gegebener Sicherheit ausreichenden Informationen über den Produktionsprozeß erforderliche Zeit  $T_m$  automatisch bestimmt.
4. Adaptive Regeleinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Erfassung der bei gegebener Sicherheit ausreichenden Informationen über den Produktionsprozeß erforderliche Zeit  $T_m$  als ein durch vorhergehend durchgeführte Versuche festgelegter Ausgangswert eingegeben wird.
5. Adaptive Regeleinrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie die auf die Informationserfassungszeit  $T_m$  bezogene Produktion aufgrund der gemessenen Gütekennwerte in Güteklassen einreihet und auf deren Grundlage den Erlös bestimmt.
6. Adaptive Regeleinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Informationserfassungszeiten  $T_{mi}$  den Eingriffen im Verlaufe des Betriebes in Reihe folgen.

7. Adaptive Regeleinrichtung nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß sich die Informationserfassungszeiten  
 $T_{mi}$  im Laufe des Betriebes - zeitlich verschoben -  
gegenseitig überdecken.
8. Adaptive Regeleinrichtung nach Anspruch 6 oder 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß sie die Regelung einer gleichartigen  
gleiche Erzeugnisse aus gleichen Rohstoffen mit  
gleicher Produktionsgeschwindigkeit verwirklichen-  
den Maschinengruppe versteht.
9. Adaptive Regeleinrichtung nach Anspruch 6 oder 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß sie die Regelung der einzelnen Maschinen eines  
aus gleichartigen Maschinen bestehenden Maschinen-  
parkes in Reihe und aufgrund zeitlich einander  
folgender Informationserfassungen durch nach-  
einander erfolgendes Umschalten versteht, wobei  
ihre Ausführung in diesem Fall auch mobil sein  
kann.
10. Adaptive Regeleinrichtung nach Anspruch 6 oder 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß sie die Regelung der einzelnen Maschinen eines  
aus gleichartigen Maschinen bestehenden Maschinen-  
parkes mit Hilfe der an die einzelnen Maschinen  
angeschlossenen Informationserfassungseinheiten  
aufgrund von sich zeitlich überdeckenden Infor-  
mationserfassungen durchführt .

- - - - -

27  
Leerseite

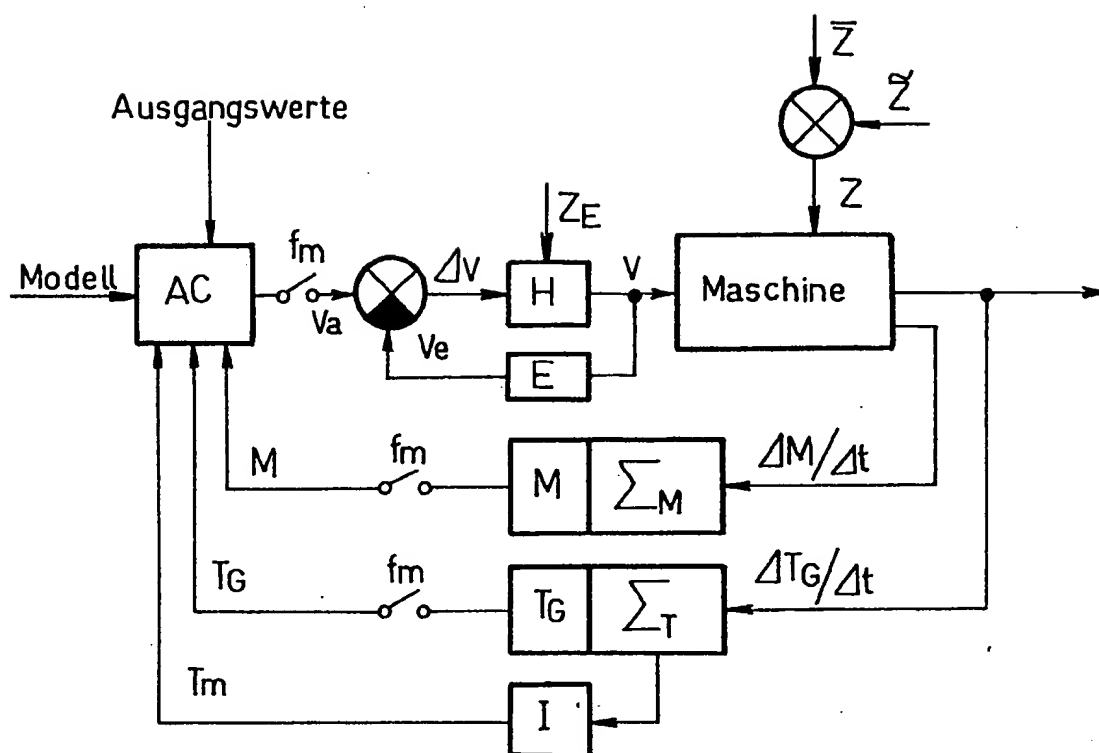


Fig.1 X

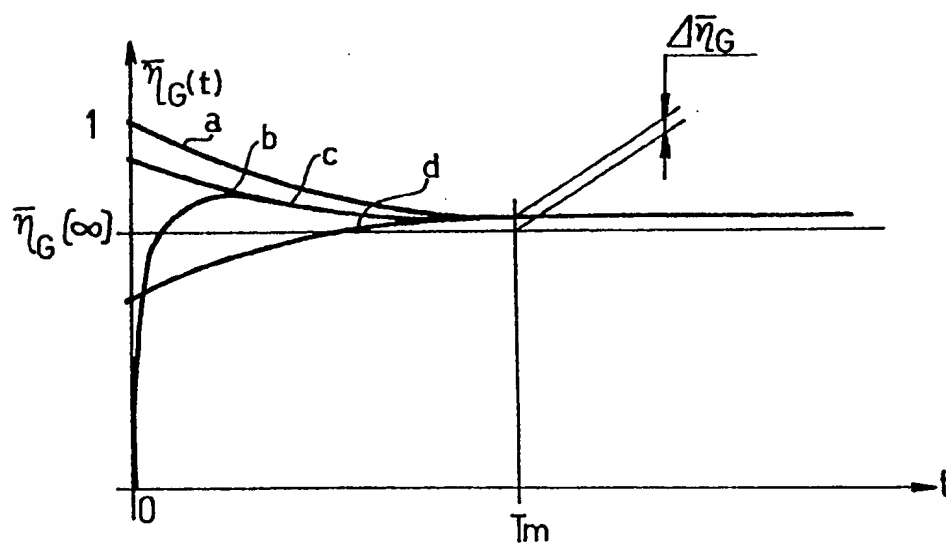


Fig.2

509841/0582

-28-

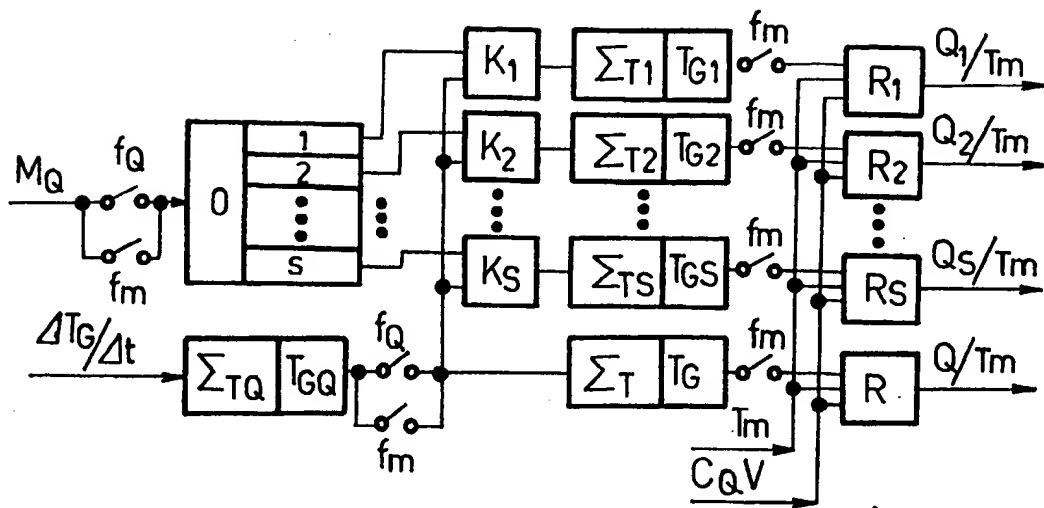


Fig.3

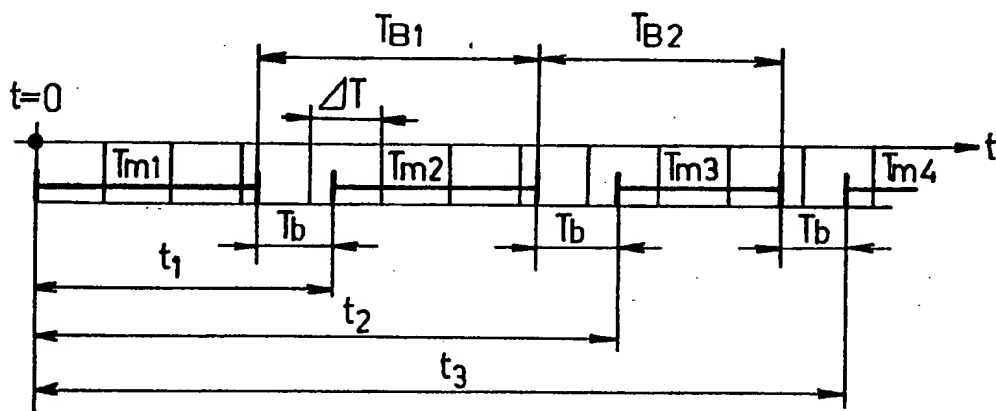


Fig.4

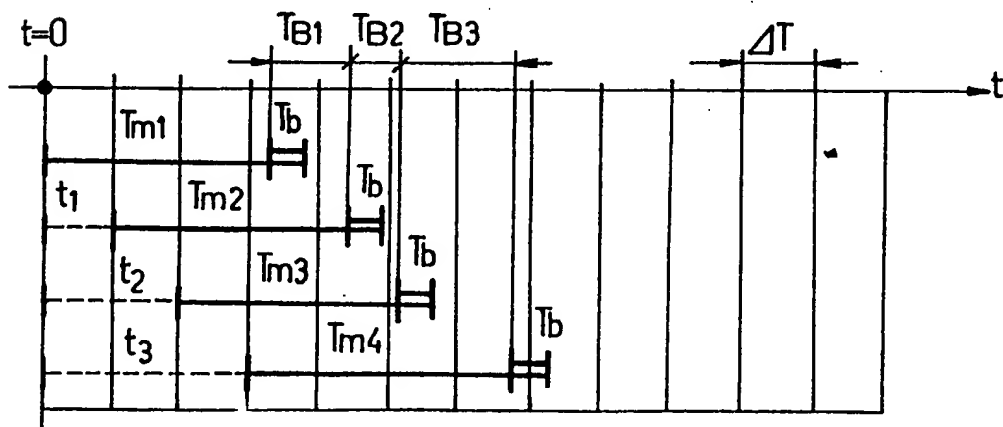


Fig.5

- 29 -

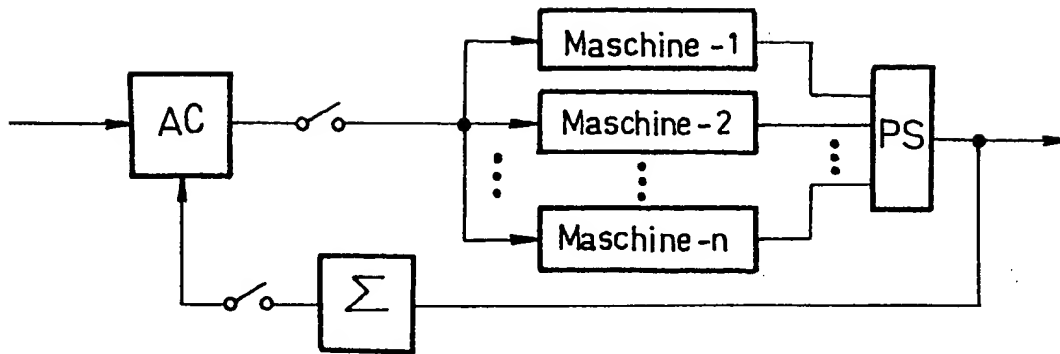


Fig. 6

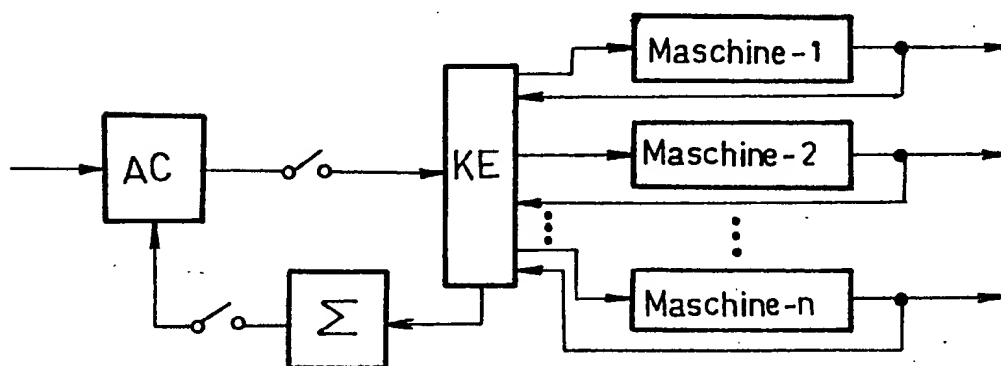


Fig. 7

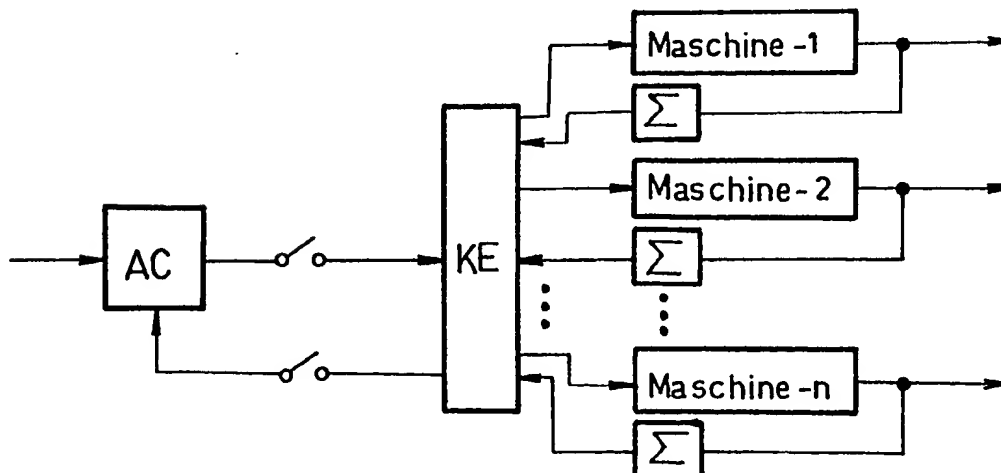


Fig. 8



-30-

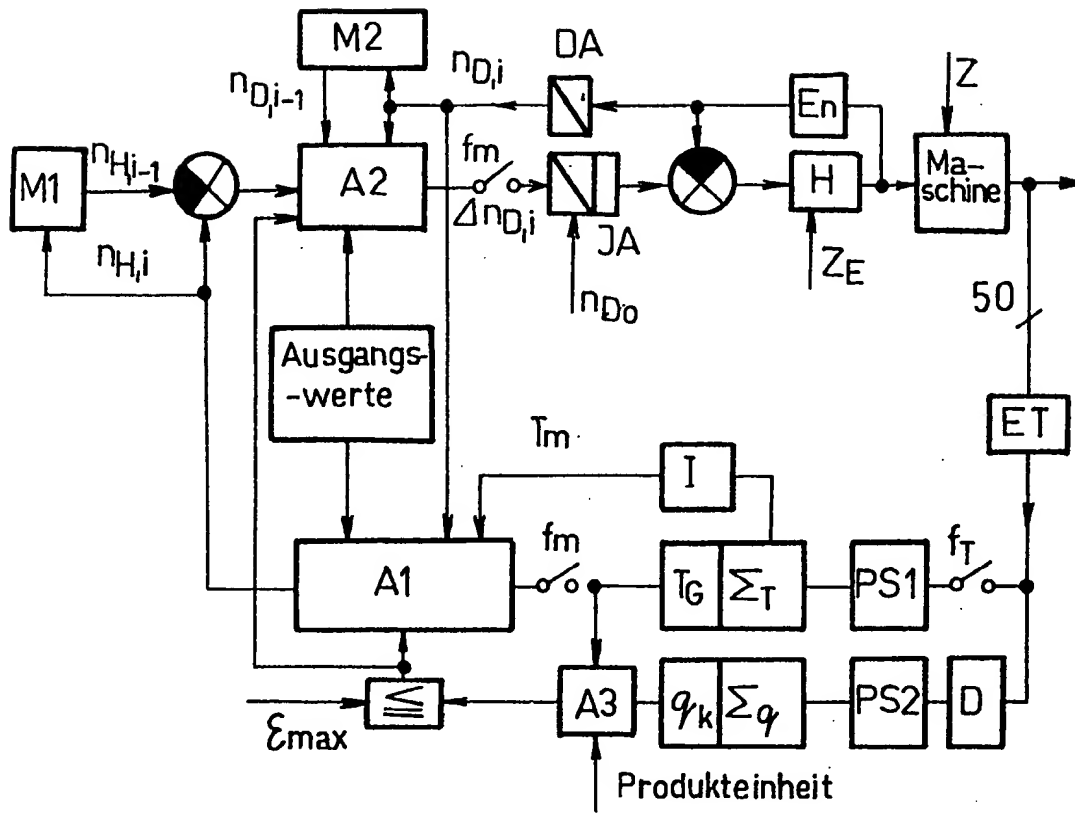


Fig.9

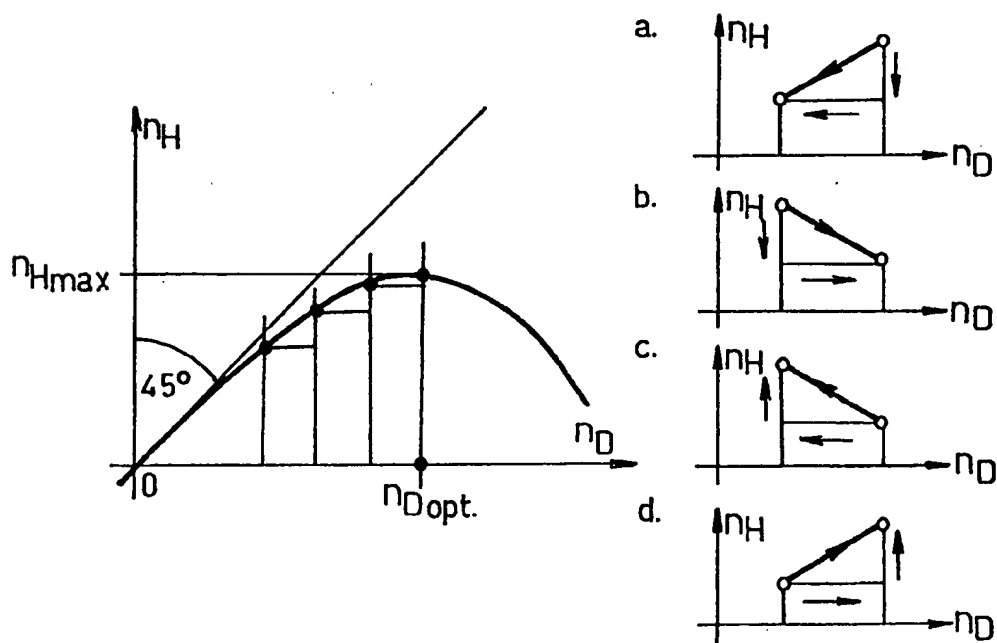


Fig.10

-3A-

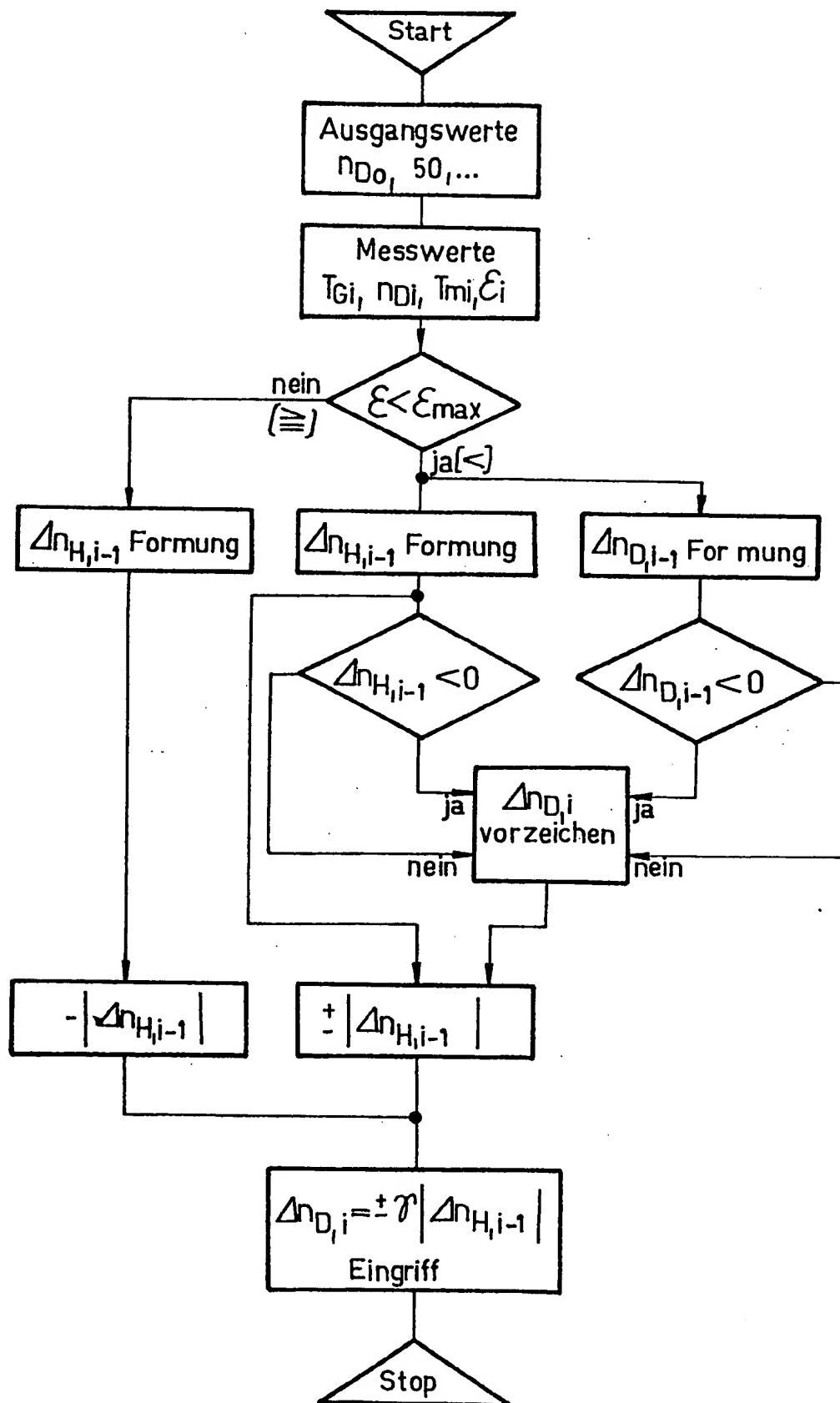


Fig.11



- 32 -

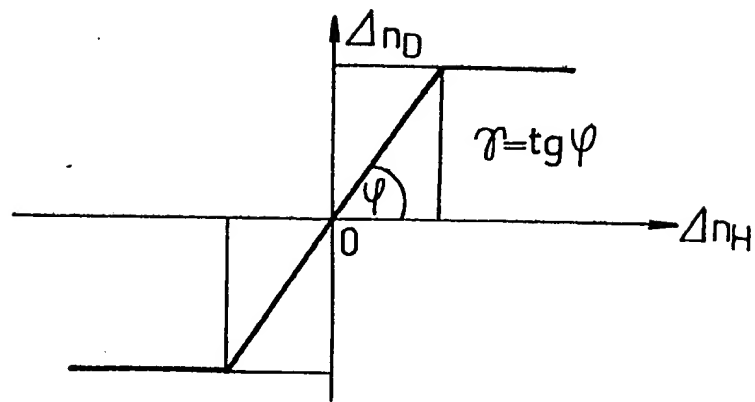


Fig. 12

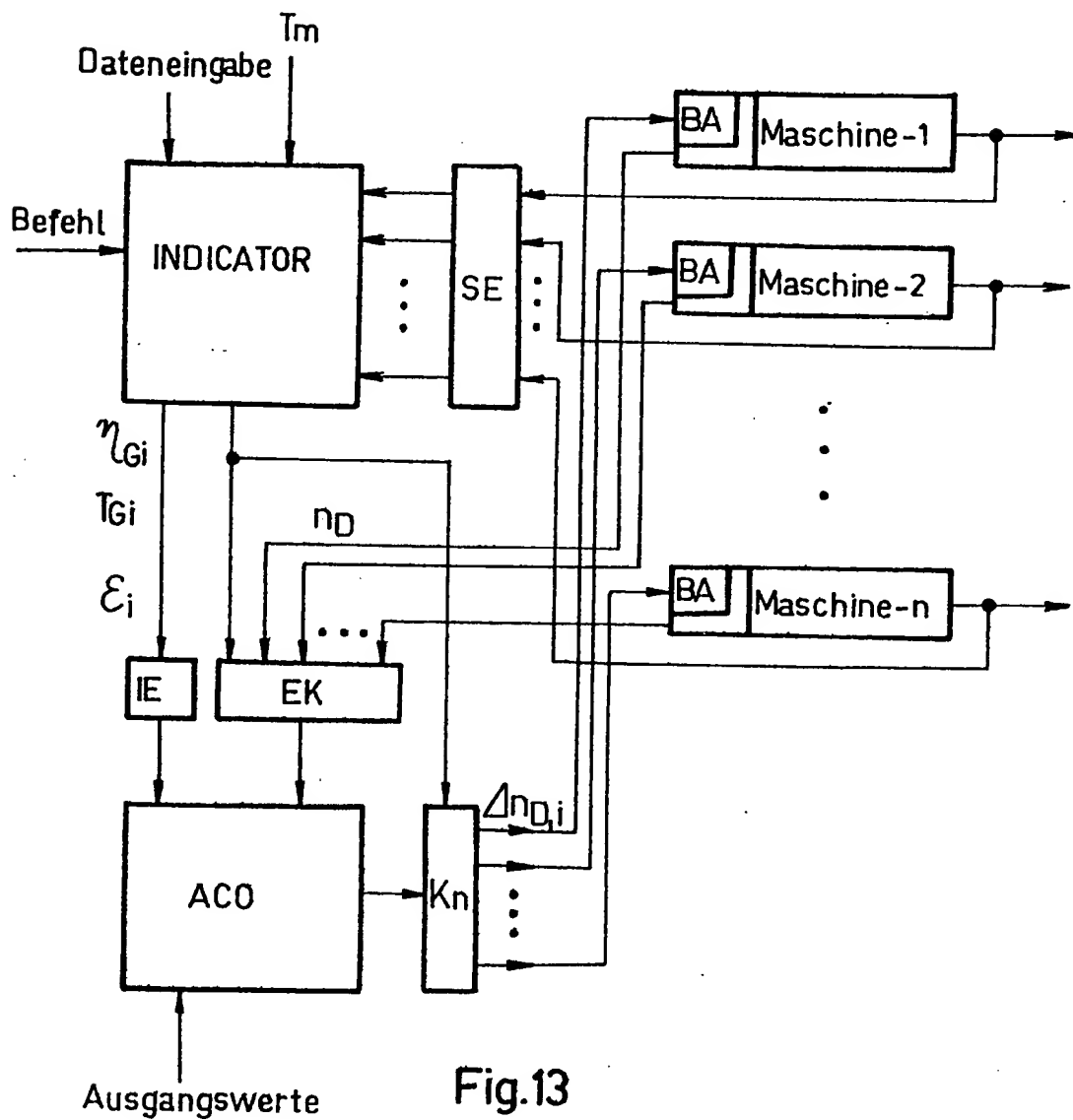


Fig. 13